

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013168977 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-340850/ 200030

XRAM Acc No: C00-103621

XRPX Acc No: N00-255945

**Ohmic contact, especially for p-type gallium nitride, e.g. in LEDs, laser diodes, photodetectors and microelectronic components, is produced by metal thermal oxidation to form a p-type semiconductor oxide**

Patent Assignee: IND TECHNOLOGY RES INST (INTE-N); ZH KOGYO GIJUTSU  
KENKYUHN (KOGY-N); CHEN C (CHEN-I); CHENG C (CHEN-I); CHIU C (CHIU-I);  
HO J (HOJJ-I); HUANG C (HUAN-I); JONG C (JONG-I); SHIH K K (SHIH-I)

Inventor: CHEN C; CHENG C; CHIU C; HO J; HUANG C; JONG C; SHIH K K; CHEN J  
-; CHIOU J; HE J; HUANG J N; JUNG C S

Number of Countries: 004 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19934031	A1	20000504	DE 1034031	A	19990721	200030 B
JP 2000195818	A	20000714	JP 9914697	A	19990122	200039
TW 386286	A	20000401	TW 98117694	A	19981026	200057
US 6319808	B1	20011120	US 99325240	A	19990603	200174
US 20020185732	A1	20021212	US 99325240	A	19990603	200301
			US 99388265	A	19990901	

Priority Applications (No Type Date): TW 98117694 A 19981026

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19934031	A1		8	H01L-033/00	
JP 2000195818	A		7	H01L-021/28	
TW 386286	A			H01L-021/768	
US 6319808	B1			H01L-021/44	
US 20020185732	A1			H01L-023/48	Div ex application US 99325240 Div ex patent US 6319808

Abstract (Basic): DE 19934031 A1

NOVELTY - An ohmic contact is produced by metal thermal oxidation on a semiconductor material to form a p-type semiconductor oxide.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

(i) an ohmic contact to a semiconductor comprising a mixture of p-type semiconductor oxide and metal; and

(ii) an ohmic contact to a semiconductor comprising a p-type semiconductor oxide layer and a conductive layer.

Preferred Features: The semiconductor material is p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N (x, y, z=0 to 1 exclusive and x + y + z=1) and the p-type semiconductor oxide is NiO, MnO, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, CuO, Cu<sub>2</sub>O, SnO, Ag<sub>2</sub>O, CuAlO<sub>2</sub>, SrCu<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, LaMnO<sub>3</sub>, YBa<sub>2</sub>Cu<sub>4</sub>O<sub>8</sub> or PdO.

USE - Especially to produce an ohmic contact for p-GaN, useful in short wavelength LEDs, laser diodes, photodetectors and microelectronic components.

ADVANTAGE - The ohmic contact has a reduced contact resistivity of less than 10<sup>-4</sup> ohm-cm<sup>2</sup>.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows the structure of an ohmic contact produced by the process of the invention.

Semiconductor material (10)

Semiconductor oxide (12)

AQ1

Metal (14)

pp; 8 DwgNo 1/4

Title Terms: OHM; CONTACT; P; TYPE; GALLIUM; NITRIDE; LED; LASER; DIODE;  
PHOTODETECTOR; MICROELECTRONIC; COMPONENT; PRODUCE; METAL; THERMAL;  
OXIDATION; FORM; P; TYPE; SEMICONDUCTOR; OXIDE

Derwent Class: L03; U11; U12

International Patent Class (Main): H01L-021/28; H01L-021/44; H01L-021/768;  
H01L-023/48; H01L-033/00

International Patent Class (Additional): H01L-021/288; H01L-023/52;  
H01L-029/40; H01L-029/43

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): L04-C11A; L04-E03; L04-E05

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C05C6; U11-C05E1; U11-C05F6; U12-A01A1A;  
U12-A01B1B; U12-A02B5B; U12-E02

Derwent Registry Numbers: 1508-S; 1531-S; 1533-S; 1549-S; 1925-U; 1927-S;  
1932-S; 1933-S; 1936-S



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 34 031 A 1**

61 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 L 33/00

21 Aktenzeichen: 199 34 031.5  
22 Anmeldetag: 21. 7. 1999  
43 Offenlegungstag: 4. 5. 2000

DE 199 34 031 A 1

30 Unionspriorität:  
87117694 26. 10. 1998 TW

71 Anmelder:  
Industrial Technology Research Institute, Chutung,  
Hsinchu, TW

74 Vertreter:  
Herrmann-Trentepohl und Kollegen, 81476  
München

72 Erfinder:  
Huang, Chao-Nien, Chutung, Hsinchu, TW; Chiu,  
Chienchia, Taipeh/T'ai-pei, TW; Chen, Chin-Yuan,  
Hsinchu, TW; Cheng, Chenn-Shiung, Hsinchu, TW;  
Shih, Kwang Kuo, Hsinchu, TW; Jong,  
Charng-Shyang, Hsinchu, TW; Ho, Jin-Kuo,  
Taipeh/T'ai-pei, TW

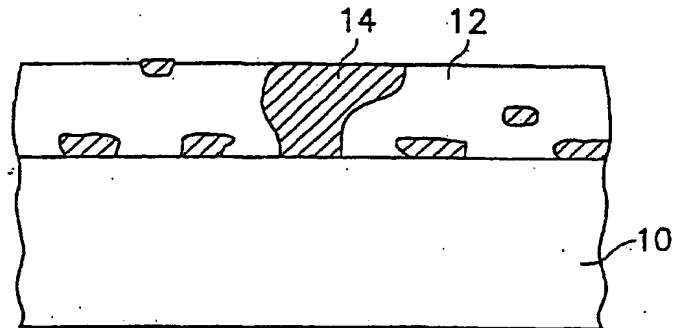
55 Entgegenhaltungen:  
DE 39 02 484 C2  
EP 06 98 490 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Ohmscher Kontakt zu Halbleitervorrichtungen und ein Verfahren zum Herstellen desselben

57 Ein ohmscher Kontakt eines Halbleiters und sein Herstellungsverfahren werden offenbart. Die vorliegende Erfindung schafft einen ohmschen Kontakt mit geringem spezifischen Widerstand, um das Verhalten und die Verlässlichkeit der Halbleitervorrichtung zu verbessern. Dieser ohmsche Kontakt wird durch das anfängliche Aufbringen eines Übergangsmetalls und eines Edelmetalls auf einem Halbleitermaterial und darauffolgende Wärmebehandlung des Übergangsmetalls und des Edelmetalls in einer oxidierenden Umgebung gebildet, um das Übergangsmetall zu oxidieren. Das heißt, dieser ohmsche Kontakt umfasst hauptsächlich ein Übergangsmetall-Oxid und ein Edelmetall. Das Oxid in dem Film kann ein einzelnes Oxid sein oder eine Mischung aus verschiedenen Oxiden oder eine feste Lösung aus verschiedenen Oxiden. Das Metall des Films kann ein einzelnes Metall oder es können verschiedene Metalle oder eine Legierung davon sein. Die Struktur des Films kann eine Mischung oder ein Laminat oder eine Mehrschicht, umfassend Oxid und Metall, sein. Die Schichtstruktur umfasst wenigstens eine Oxidschicht und eine Metallschicht, in welcher wenigstens eine Oxidschicht den Halbleiter kontaktiert.



DE 199 34 031 A 1

A67

## Beschreibung

## Hintergrund der Erfindung

## Gebiet der Erfindung

Diese Erfindung betrifft einen Ohmschen Kontakt zu Halbleitervorrichtungen und sein Herstellungsverfahren, insbesondere einen Ohmschen Kontakt für p-Typ Galliumnitrid und ein Verfahren zum Herstellen desselben.

## Beschreibung des Standes der Technik

In den vergangenen Jahren wurde Galliumnitrid (im folgenden als GaN bezeichnet) weithin zur Herstellung von lichtemittierenden Dioden mit kurzer Wellenlänge, Laserdioden, Fotodetektoren und mikroelektronischer Komponenten, etc. verwendet. Ein guter ohmscher Kontakt ist insbesondere für kommerzielle lichtemittierende Vorrichtungen wichtig. In letzter Zeit ist der spezifische Kontakt-Widerstand für n-Typ GaN auf ungefähr  $10^{-4} \sim 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}^2$  vermindert worden.

Für p-Typ-GaN kann jedoch nur ein spezifischer Kontakt-Widerstand von  $10^{-2} \sim 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$  erreicht werden, wesentlich höher als für den Kontakt mit n-Typ GaN. Ein derart hoher Grenzschnittwiderstand beeinflusst wesentlich das Verhalten und die Verlässlichkeit von diesen Vorrichtungen. Deshalb ist es eine wichtige Aufgabe für Wissenschaftler und Ingenieure, den spezifischen Kontakt-Widerstand des Kontaktes zu p-Typ GaN zu vermindern. Bis jetzt scheiden die gebräuchlichsten Verfahren, um Kontakte zu p-Typ GaN herzustellen, die Metalle direkt ab. Beispielsweise verwendet im US-Patent Nr. 5,652,434 Nichia Chemical Industrial Company Ni oder Ni/Au in seinen lichtemittierenden Dioden (LED), um einen Kontakt zu bilden. Zusätzlich verwendet Cree Research Company im US-Patent Nr. 5,739,554 Ti/Au, Ti/Ni oder Ni/Au in seinen LEDs, um einen Kontakt zu bilden. Aber keiner hat den spezifischen Kontakt-Widerstand der Kontakte beschrieben. In anderen Referenzen sind andere Arten von Metallen offenbart, wie z. B. Au, Ni, Ti, Pd, Pt, W, WSi<sub>x</sub>, Ni/Au, Pt/Au, Cr/Au, Pd/Au, Au/Mg/Au, Pd/Pt/Au, Ni/Cr/Au, Ni/Pt/Au, Pt/Ni/Au, Ni/Au/Zn, Ni/Mg/Ni/Si, etc. Jedoch kann der spezifische Kontakt-Widerstand der obigen Metallkontakte nur  $10^{-2} \sim 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$  erreichen, was größer ist als  $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$ , was im allgemeinen für optoelektronische Vorrichtungen gefordert ist. Außerdem zeigen fast alle der obigen Metalle kein ohmsches Verhalten.

## Wesen der Erfindung

Demzufolge ist es die Aufgabe dieser Erfindung, einen ohmschen Kontakt zu Halbleiter-Vorrichtungen und seine Herstellungsmethode zu schaffen, bei welchen der Grenzschnittwiderstand des ohmschen Kontaktes vermindert ist, um das Verhalten und der Verlässlichkeit der Halbleitervorrichtungen zu verbessern. Diese Erfindung schafft einen neuen Halbleiter-Herstellungsprozess, der einen ohmschen Kontakt zu p-Typ GaN mit einem geringen Grenzschnittwiderstand zur Anwendung bei der Herstellung von GaN-basierten Vorrichtungen bilden kann.

Das Herstellungsverfahren dieser Erfindung bildet einen Film, der Übergangsmetall und Edelmetall umfasst, auf einem Halbleitersubstrat. Dann wird der Film wärmebehandelt und oxidiert, um einen ohmschen Kontakt mit einem geringen spezifischen Kontaktwiderstand zu bilden. Der so gebildete ohmschen Kontakt kann die Anforderung einer optoelektronischen Vorrichtung erfüllen; das heißt, der spezifische Kontaktwiderstand des ohmschen Kontaktes ist geringer als  $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$ .

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die nachfolgende detaillierte Beschreibung, die beispielhaft gegeben wird und die nicht dazu gedacht ist, die Erfindung nur auf die hierin beschriebenen Ausführungsformen zu beschränken, wird am besten zusammen mit den beigelegten Zeichnungen verstanden, bei denen:

Fig. 1 ein Diagramm ist, das die Struktur eines ohmschen Kontaktes gemäß einer Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 2 ein Diagramm ist, das die Struktur eines ohmschen Kontaktes gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 3a ein Diagramm ist, das ein Muster darstellt, das auf einem Substrat bei der in dieser Erfindung verwendeten CTLM-Messung darstellt;

Fig. 3b die Strom-Spannungsmessung (I-V) von Ni-Au-Kontakten, die auf p-Typ GaN gebildet und unter unterschiedlichen Umgebungen wärmebehandelt sind, darstellt; und

Fig. 4 den spezifischen Kontakt-Widerstand zeigt, der durch das Oxidieren von Ni/Au Schichten mit unterschiedlicher Dicke erhalten wird.

## Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Das Herstellungsverfahren eines ohmschen Kontaktes zu Halbleitern gemäß dieser Erfindung umfaßt die Schritte: Aufbringung einer Beschichtung aus einem Übergangsmetall und einem Edelmetall oder einer Legierung davon auf ein Halbleitermaterial, darauffolgende Wärmebehandlung der Metallschicht in einer oxidierenden Atmosphäre, so dass das Übergangsmetall oxidiert wird, um ein Oxid zu bilden.

Der oben beschriebene Halbleiter ist p-Typ GaN. Das Übergangsmetall kann Ni, Mn, Cr, Cu, Fe, Co oder Pd usw. sein. Das Edelmetall kann Au, Pt, Rh, Ru, oder Ir, etc. sein.

Das oben erwähnte Oxid ist ein einzelnes Oxid, oder eine Mischung aus verschiedenen Oxiden, wie z. B. NiO/CoO

oder eine feste Lösung aus verschiedenen Oxiden, wie z. B.  $\text{Ni}_x\text{Co}_{1-x}\text{O}$  ( $0 < x < 1$ ) etc. Das Metall in dem oben erwähnten Film kann ein einzelnes Metall sein, oder es können verschiedene Metalle oder eine Legierung davon sein.

Eine weitere Metallschicht kann desweiteren darauf gebildet werden. Eine solche Metallschicht kann ein einzelnes Metall, wie z. B. Au oder Ni, sein, eine Vielzahl von Metallschichten, oder eine Legierungsschicht wie z. B. Cr/Au oder Ti/Pt/Au, etc., um mit anderen Schaltungen verbunden zu werden.

Der ohmschen Kontakt, der durch das oben beschriebene Verfahren gebildet wird, weist unterschiedliche Strukturen aufgrund unterschiedlicher Präparationsverfahren des Übergangsmetalls und des Edelmetalls auf. In der ersten Ausführungsform werden nach der Wärmebehandlung das Übergangsmetall und das Edelmetall, die auf dem Halbleiter-Material 10 gebildet sind, eine Mischung aus Halbleiter-Oxid 12 und Metall 14, wie in Fig. 1 gezeigt.

In der ersten Ausführungsform wird das oben beschriebene Halbleitermaterial 10 auf einem Saphirsubstrat gebildet, und zwar mit einer undotierten GaN-Schicht und einer mit Mg dotierten GaN-Schicht, die beide 2  $\mu\text{m}$  dick sind und durch das MOCVD-Verfahren gebildet werden. Bei Verwendung dieses Halbleiter-Materials als eine Testplatte wird es in einer Stickstoff-Atmosphäre wärmebehandelt, um die Mg-dotierte GaN-Schicht zum p-Typ zu machen. Diese Testplatte hat eine Elektronenkonzentration von  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  für seine undotierte GaN-Schicht und eine Löcher-Konzentration von  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  für seine p-Typ GaN-Schicht. Ein CTLM-Verfahren (circular transmission line model) wird in der Erfindung verwendet, um den spezifischen Kontaktwiderstand ( $\rho_c$ ) zu berechnen.

Als nächstes wird das Herstellungs- und Messverfahren für den ohmschen Kontakt dieser Erfindung beschrieben, welches die Schritte umfasst: (i) Bilden einer fotoresistenten Schicht auf dem GaN 20 mit einem CTLM-Muster; (ii) Entfernen des GaN-Oberflächen-Oxids durch Tauchen der Testplatte in eine Lösung aus  $\text{HCl} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 1$  für 3 Minuten, dann Trockenblasen des GaN und sofortiges Legen der Testplatte in eine Vakuum-Kammer eines Beschichtungssystems umfassend eine Elektronen-Kanone; (iii) Evakuieren der Kammer des Beschichtungssystems umfassend eine Elektronen-Kanone zu einem Hochvakuum, dann Fortfahren mit der Beschichtung von verschiedenen Metallen; (iv) Abheben eines Teiles des Metallfilms, um ein Metallmuster 22, wie in Fig. 3(A) gezeigt, zu bilden; (v) Wärmebehandlung der Testplatte in Luft, Sauerstoff, 10%  $\text{H}_2 - 90\% \text{ N}_2$  oder einer Stickstoff-Atmosphäre, in der die Temperatur von  $200^\circ\text{C}$  bis  $900^\circ\text{C}$  liegt; und die Zeit 10 Minuten beträgt; (vi) Durchführen der I-V-Messung für die Testplatte; und (vii) Analysieren der  $\rho_c$ -Werte.

Als nächstes wird, die in den obigen Schritten verwendete CTLM-Messung und Analyse beschrieben, wird, bei welchen die Messung der I-V-Charakteristik jeweils verwendet wird, um den Widerstand zwischen den Metallen innerhalb des inneren Ringes und ausserhalb des äusseren Ringes von zwei konzentrischen Kreisen herauszufinden. Die Analyse von  $\rho_c$  wird anhand der I-V-Kurven von  $\pm 0.5 \text{ V}$  und  $\pm 20 \text{ mV}$  durchgeführt. Im allgemeinen zeigen die Kontaktstrukturen dieser Erfindung ohmsches Verhalten innerhalb des obigen Testbereiches, d. h. es wird eine lineare I-V-Kurve bereitgestellt. Deshalb kann der spezifische Kontaktwiderstand anhand der Steigung der Kurve berechnet werden. Die Formel zur Berechnung von  $\rho_c$  für das CTLM-Verfahren ist wie folgt:

$$R_t = (R_{sh}/2\pi) [\ln(R/r) + L_t(r^{-1} + R^{-1})]$$

$$\rho_c = R_{sh} \cdot L_t^2$$

wobei  $R_t$  den Gesamt-Widerstand der I-V-Messung darstellt,  $R_{sh}$  der Plattenwiderstand ist, und  $r$  und  $R$  jeweils den Radius der inneren bzw. äusseren konzentrischen Kreise darstellen, und  $L_t$  die Transferlänge ist. Gemäss der obigen Formel kann ein Diagramm durch  $R_t$  der I-V-Messung über den  $\ln(R/r)$  gebildet werden. Dann kann eine lineare Kurve durch Bearbeiten des Diagramms mit der geringsten quadratisch-linearen Kurven-Fit-Methode erhalten werden. Die Steigung der erhaltenen Kurve ist  $R_{sh}/2\pi$ . Der Schnittpunkt kann deshalb durch die Formel berechnet werden, wenn  $R$  gleich  $r$  ist, um  $R_{sh}L_t/r\pi$  zu sein, so dass  $R_{sh}$  und  $L_t$  entnommen werden können, um im weiteren  $\rho_c$  zu berechnen.

Fig. 3b zeigt die Messergebnisse dieser Erfindung, welche die I-V-Charakteristik von Ni/Au Kontakten zeigt, die auf p-Typ GaN gebildet und unter unterschiedlichen Umgebungen wärmebehandelt sind, wobei die Kurve A die Situation darstellt, bei der Ni/Au in Luft oder Sauerstoff-Atmosphäre behandelt sind, die Kurve B die Situation in Stickstoff-Atmosphäre darstellt, und die Kurve C die Situation in 10%  $\text{H}_2 - 90\% \text{ N}_2$ -Atmosphäre darstellt. Die Temperatur des Wärmebehandlungsprozesses ist  $500^\circ\text{C}$  und die Wärmebehandlungszeit beträgt 10 Minuten. Die Steigung der Kurve ist maximal, d. h., der  $\rho_c$ -Wert ist minimal, und der positive Strom und der negative Strom ist symmetrisch zu dem Ursprungspunkt nach dem Oxidieren des Ni/Au-Films. Andererseits ist die Ni/Au-Schicht noch eine Metallschicht, nachdem der Teststreifen in Stickstoff oder 10%  $\text{H}_2 - 90\% \text{ N}_2$  wärmebehandelt wurde. Dies führt zu einer Erhöhung bei dem erhaltenen  $\rho_c$ . Die I-V-Kurve bleibt nicht linear, wenn der Metallkontakt mit einer höheren Spannung unter Vorspannung gesetzt wird, und die positiven und negativen Ströme sind gegenseitig nicht symmetrisch. Es wird ferner auf die nachfolgende Tabelle 1 verwiesen, bei der der Ni/Au-Dünnschicht, der in dieser Ausführungsform in Luft wärmebehandelt ist, noch eine gute Leitfähigkeit aufweist.

Tabelle 1

Bedingung	Schichtwiderstand ( $\Omega/\square$ )	Widerstandsfähigkeit ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )
wie abgeschieden	11,87	17,8
N <sub>2</sub> , 500°C, 10 Min.	16,82	25,2
Luft, 500°C, 10 Min	38,94	97,4

Fig. 4 zeigt den spezifischen Kontakt-Widerstand der Kontakte, die durch Oxidieren von Ni/Au-Schichten von unterschiedlichen Dicken auf dem p-Typ GaN gebildet werden, wobei die Kurve A' den Zustand darstellt, bei dem Ni 50 nm und Au 125 nm beträgt, die Kurve B' den Zustand darstellt, bei dem Ni 10 nm und Au 25 nm beträgt, und die Kurve C' den Zustand darstellt, bei dem Ni 10 nm und Au 5 nm beträgt. Die Oxidation des obigen Verfahrens ist die Erwärmung der Testplatte in Luft für 10 Minuten. Gemäss den momentanen experimentellen Daten ist der minimale spezifische Kontaktwiderstand  $1.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$ .

Unter Verwendung von Röntgenbeugung zur Analyse von Ni(10 nm)/Au(5 nm)-Filmen, die bei 500°C für 10 Minuten wärmebehandelt wurden, zeigt das Ergebnis, daß sich Ni in NiO verwandelt und Au nach der Wärmebehandlung in Luft noch metallisch bleibt. Demgegenüber ist, wenn die Testplatte in Stickstoff oder 10% H<sub>2</sub> – 90% N<sub>2</sub> wärmebehandelt wurde, ist der Ni/Au-Film noch metallisch, aber der  $\rho_c$ -Wert ist ungefähr  $10^{-1}$  bis  $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$ . Falls ferner statt dem obigen Ni(10 nm)/Au(5 nm)-Film ein 50 nm dicker Ni-Film als Beschichtung auf das p-Typ GaN aufgebracht wird und dann der gleiche Oxidationsprozess durchgeführt wird, um NiO zu bilden, und der spezifische Kontaktwiderstand des NiO-Kontakts zum p-Typ GaN gemessen wird, um den Effekt von NiO zu analysieren, ist der  $\rho_c$ -Wert nur ungefähr  $0.1 \Omega \cdot \text{cm}^2$ , aber seine I-V-Kurve ist über einen weiten Bereich linear. Das bedeutet, daß ein ohmscher Kontakt zwischen NiO und p-Typ GaN gebildet ist. Jedoch ist der  $\rho_c$ -Wert hoch, da das NiO, das so gebildet worden ist, einen hohen Widerstand aufweist. Das zeigt an, dass es das Vorhandensein von NiO verursacht, dass der oxidierte Ni/Au-Film einen ohmschen Kontakt bildet. Au gibt dem dünnen Film hauptsächlich eine exzellente Leitfähigkeit, da Au keinen exzellenten ohmschen Kontakt zu p-Typ GaN bilden kann. Gemäss dem Stand der Technik ist berichtet worden, dass  $\rho_c$  nur  $53 \Omega \cdot \text{cm}^2$  (L. L. Smith, et al. J. Mater. Res. 12, 2249 (1997)) und  $2.6 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$  (T. Mori et al., Appl. Phys. Lett. 69, 3537 (1996)) für Au-Kontakte beträgt. Es ist ebenso berichtet worden, dass stöchiometrisches NiO isolierend ist, aber zum p-Typ wird, falls es mit Li<sup>+</sup> dotiert wird oder Ni<sup>3+</sup>-Ionen-Leerstellen in NiO gebildet werden. Das Dotieren von NiO mit Li<sub>2</sub>O kann seine Widerstandsfähigkeit auf  $0.1 \Omega \cdot \text{cm}^2$  reduzieren (Z. M. Jarzebski, Oxide Semiconductors (Pergamon press, Oxford, 1973), Kap. 10). Ni<sup>2+</sup>-Ionen-Leerstellen, die während der Oxidation von Nickel gebildet werden, erzeugen Löcher (N. Birks und G. H. Meier, Introduction to High Temperature Oxidation of Metals (Edward Arnold, London, 1983), Kap. 4). Deshalb wird eingegriffen, damit das in dem oxidierten Ni/Au gebildete NiO ein p-Typ-Halbleiter wird. Au und p-Typ NiO, die in einem Zustand von vermischter Morphologie sind, haben einen geringen Grenzschichtwiderstand mit p-Typ GaN und können einen ohmschen Kontakt zu p-Typ GaN bilden. Deshalb kann ein Ni/Au-Film einen ohmschen Kontakt zu p-Typ GaN nach der Oxidation und Wärmebehandlung bilden, und dieser Kontakt wird mit einem geringen spezifischen Kontaktwiderstand bereitgestellt.

Gemäss dem oben beschriebenen Eingriff kann jeder dünne Film, der p-Typ Halbleiter-Oxid und Au umfasst, einen exzellenten ohmschen Kontakt mit p-Typ GaN bilden. Zusätzlich zu NiO können viele Oxide verwendet werden, um einen p-Typ Halbleiter zu bilden, wie z. B. MnO, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO (Z. M. Jarzebski, Oxide Semiconductors (Pergamon press, Oxford, 1973), Kap. 11), PdO (R. Uriu et al., J. Phys. Soc. Jpn 60, 2479 (1991)), CuAlO<sub>2</sub> (H. Kawazoe et al., Nature 389, 939 (1997)), SrCu<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (A. Kudo et al., Appl. Phys. Lett. 73, 220 (1998)), Rh<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A. Roy and J. Ghose, Mater. Res. Bull 33, 547 (1998)), CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, CuO, Cu<sub>2</sub>O, SnO, Ag<sub>2</sub>O, LaMnO<sub>3</sub>, or YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, etc.; deshalb ist es auch möglich, einen ohmschen Kontakt zu p-Typ GaN unter Verwendung einer Mischung von dieser Art von Oxid und Au zu bilden. Ferner kann Au durch andere Metalle ersetzt werden, falls das Metall nach der Wärmebehandlung nicht oxidiert. Normalerweise kann ein Edelmetall, wie z. B. Au, Pt, Rh, Ru und Ir etc. verwendet werden.

Mit Bezug auf Fig. 2 umfasst die Grenzflächen-Impedanz des p-Typ Halbleiter-Oxids und von p-Typ GaN sehr gering ist und das Metall einen ohmschen Kontakt bilden kann, der eine geringe Widerstandsfähigkeit mit dem p-Typ Halbleiter-Oxid aufweist, eine andere Ausführungsform dieser Erfindung das aufeinanderfolgende Bilden einer Schicht von p-Typ Halbleiter-Oxid 12 und einer Schicht von Metall 24 auf dem p-Typ GaN 10, um einen ohmschen Kontakt zu p-Typ GaN zu bilden, wie z. B. p-GaN/p-NiO/Cr/Au, etc.

In den obigen Ausführungsformen ist der ohmsche Kontakt zu p-Typ GaN beschrieben. Jedoch kann das Verfahren zur Herstellung eines ohmschen Kontaktes in der Praxis auch auf p-Typ Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N-Material angewendet werden, wobei  $0 < x, y, z < 1$  und  $x+y+z = 1$  ist.

Früher konnte der spezifische Kontaktwiderstand eines Kontaktes, der auf p-Typ GaN gebildet ist, nur  $10^{-2} \sim 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$  betragen, jedoch kann der ohmsche Kontakt dieser Erfindung eine sehr viel niedrigere Grenzflächenwiderstandsfähigkeit von  $1.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$  aufweisen. Diese Verbesserung kann bei der Herstellung von LEDs und GaN-basierten Laserdioden mit gutem Verhalten angewendet werden.

Ferner kann das Metall, das auf dem Halbleitermaterial in der letzten Ausführungsform gebildet ist, durch einen transparenten leitenden Film ersetzt werden, wie z. B. Indium-Zinnoxid (ITO), ZnO oder ZnO, das mit Ga, In, Al oder Ce etc. dotiert ist.

Obwohl die vorliegende Erfindung insbesondere mit Bezug auf eine bevorzugte Ausführungsform dargestellt und beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann leicht ersichtlich, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen ge-

macht werden können, ohne von dem Geist und dem Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Es ist beabsichtigt, dass die Ansprüche ausgelegt werden, um die offenbarte Ausführungsform abzudecken, sowie diejenigen Alternativen, die oben beschrieben worden sind, und alle Äquivalente dazu.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines ohmschen Kontaktes zu einem Halbleiter, umfassend die Schritte: Bilden einer Vielzahl von Metallen auf einem Halbleiter-Material; Wärmebehandlung der Vielzahl der Metalle in einer oxidierenden Atmosphäre, so dass wenigstens eines von der Vielzahl der Metalle oxidiert wird, um ein p-Typ Halbleiter-Oxid zu bilden. 10
2. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Halbleiter-Material ein p-Typ  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  mit  $0 < x, y, z < 1$ , und  $x+y+z = 1$  ist.
3. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Vielzahl der Metalle wenigstens ein Übergangsmetall umfasst, das sich in ein p-Typ Halbleiter-Oxid umwandeln kann.
4. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Vielzahl der Metalle wenigstens ein Edelmetall umfasst, das eines aus Au, Pt, Rh, Ru und Ir ist. 15
5. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Film, der auf dem Halbleiter-Material gebildet ist, eine Legierung aus Übergangsmetall und Edelmetall sein kann.
6. Herstellungsverfahren nach Anspruch 2, bei welchem das Halbleiter-Material p-Typ GaN ist.
7. Herstellungsverfahren nach Anspruch 3, bei welchem das Übergangsmetall eines aus Ni, Mn, Fe, Co, Cr, Cu und Pd ist. 20
8. Ohmscher Kontakt zu einem Halbleiter, der auf einem Halbleiter-Material gebildet ist, umfassend eine Mischung aus p-Typ Halbleiter-Oxid und Metall.
9. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 8, bei welchem das p-Typ Halbleiter-Oxid ein einzelnes Oxid umfasst.
10. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 8, bei welchem das p-Typ Halbleiter-Oxid eine Mischung aus verschiedenen Oxiden umfasst. 25
11. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 8, bei welchem das p-Typ Halbleiter-Oxid eine feste Mischung aus verschiedenen Oxiden umfasst.
12. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 8, bei welchem das Halbleiter-Material p-Typ  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  mit  $0 < x, y, z < 1$  und  $x+y+z = 1$  ist. 30
13. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 8, bei welchem das p-Typ Halbleiter-Oxid eines aus  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{CuAlO}_2$ ,  $\text{SrCu}_2\text{O}_2$  und  $\text{PdO}$  ist.
14. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 8, bei welchem das Metall Au, Pt, Rh, Ru, oder Ir ist.
15. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 12, bei welchem das Halbleiter-Material p-Typ GaN ist.
16. Ohmscher Kontakt zu einem Halbleiter, der auf einem Halbleiter-Material gebildet ist, umfassend eine Schicht aus p-Typ Halbleiter-Oxid und eine leitende Schicht. 35
17. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem das Halbleiter-Material p-Typ  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  mit  $0 < x, y, z < 1$  und  $x+y+z = 1$  ist.
18. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem das p-Typ Halbleiter-Oxid eines von  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CrO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{SnO}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{CuAlO}_2$ ,  $\text{SrCu}_2\text{O}_2$ ,  $\text{LaMnO}_3$ ,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ ,  $\text{PdO}$  ist. 40
19. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die Schicht aus Halbleiter-Oxid eine einzelne Oxid-Schicht umfasst.
20. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die Schicht aus Halbleiter-Oxid eine Vielzahl von Oxid-Schichten vom gleichen Leitungstyp umfasst.
21. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die Schicht aus Halbleiter-Oxid eine Mischschicht aus verschiedenen Oxiden umfasst. 45
22. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die Schicht aus Halbleiter-Oxid eine feste Lösungsschicht, bestehend aus verschiedenen Oxiden, umfasst.
23. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die leitende Schicht eine einzelne Metallschicht umfasst.
24. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die leitende Schicht eine Vielzahl von Metallschichten umfasst. 50
25. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 16, bei welchem die leitende Schicht ein transparenter leitender Film ist.
26. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 17, bei welchem das Halbleiter-Material p-Typ GaN ist.
27. Ohmscher Kontakt nach Anspruch 25, bei welchem der transparente leitende Film ein leitendes Oxid ist, das Indium-Zinn-Oxid, ZnO und ZnO dotiert mit Ga, In, Al oder Ce, umfasst. 55

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

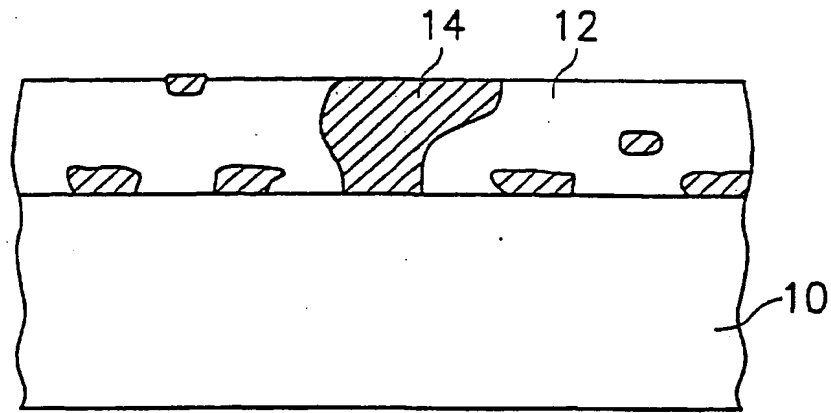


Fig. 1

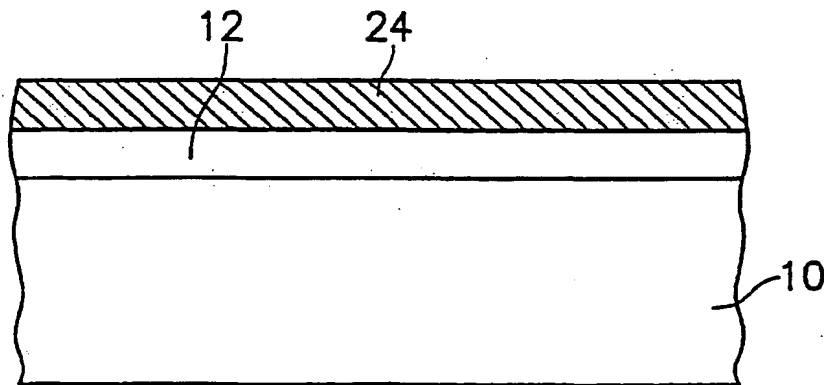


Fig. 2



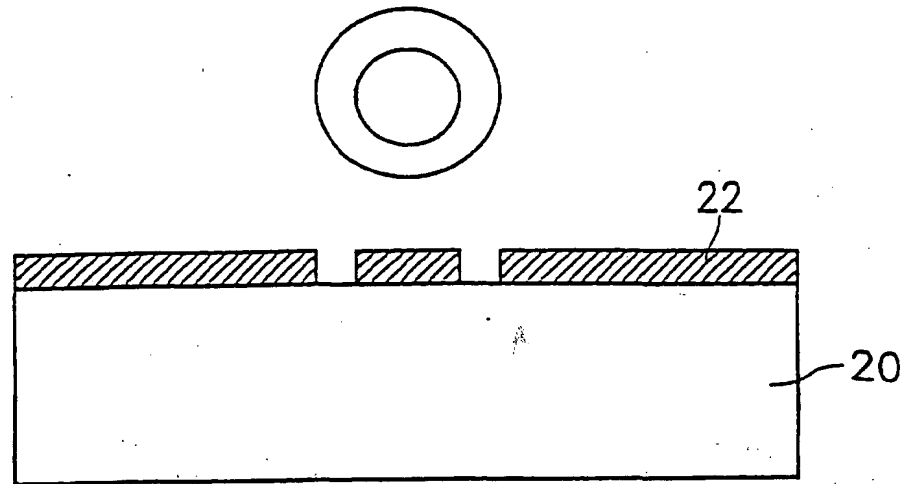


Fig. 3a

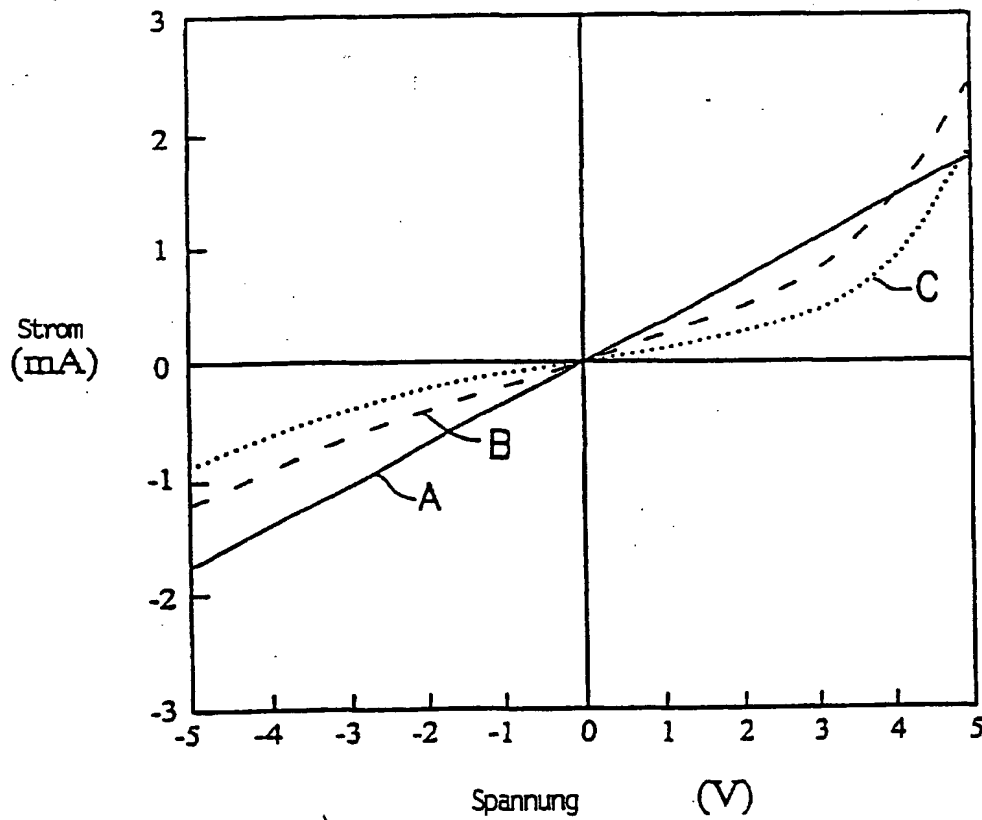


Fig. 3b

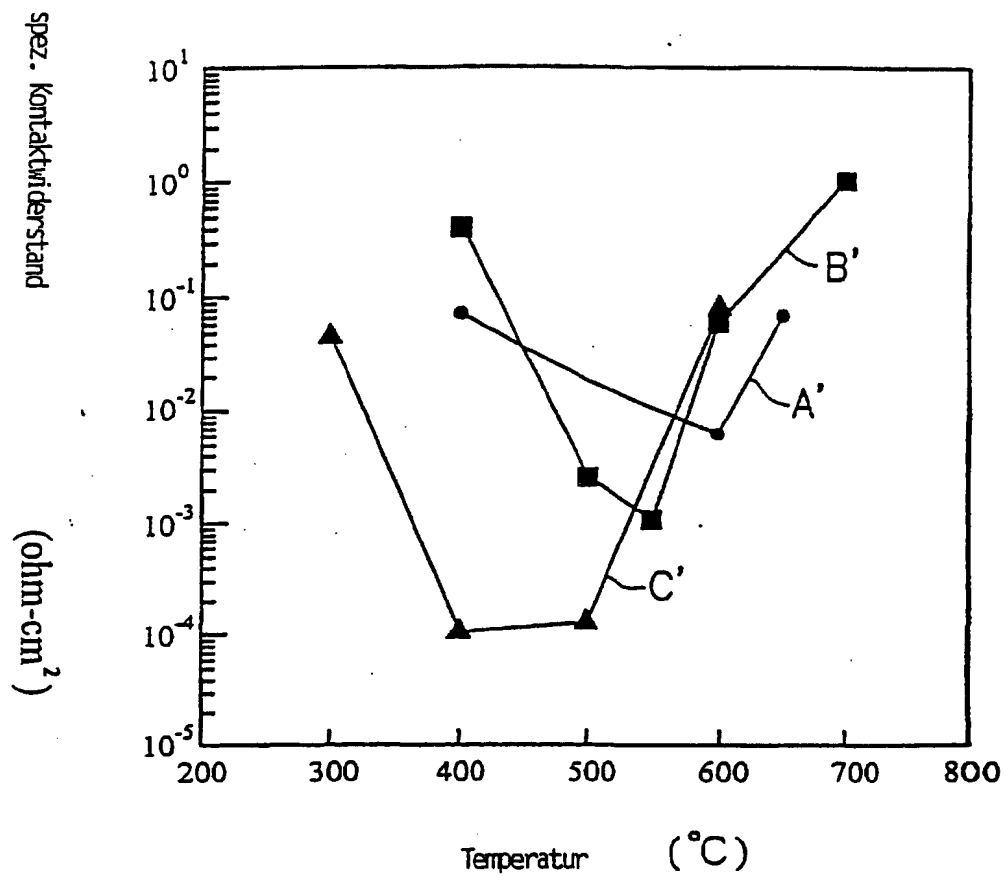


Fig. 4

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001015811  
PUBLICATION DATE : 19-01-01

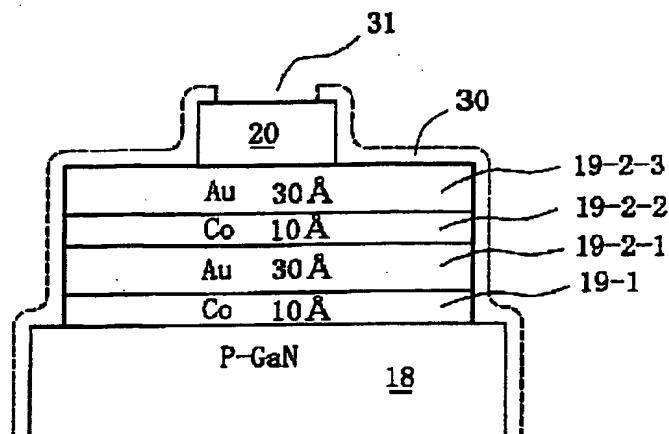
APPLICATION DATE : 28-06-99  
APPLICATION NUMBER : 11181020

APPLICANT : TOYODA GOSEI CO LTD;

INVENTOR : HORIUCHI SHIGEMI;

INT.CL. : H01L 33/00 H01L 21/28

TITLE : TRANSLUCENT ELECTRODE FILM  
AND GROUP III NITROGEN  
COMPOUND SEMICONDUCTOR  
DEVICE



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the peel-off of a translucent electrode film from a p-type layer by forming a thickness-specified first metallic layer whose ionization potential is smaller than that of gold or platinum on the p-type layer, and forming a second layer made of gold or platinum on the first metallic layer.

**SOLUTION:** A first gold layer 19-2-1 constituting a second layer 19-2 is formed on a first layer 19-1, and a cobalt layer 19-2-2 is formed on the layer 19-2-1. Successively, a second gold layer 19-2-3 constituting the layer 19-2 is formed on the layer 19-2-2. Next, a photoresist and materials constituting the layers 19-1 and 19-2 deposited on the photoresist are removed, and a translucent electrode film serving as a translucent electrode for a p-type clad layer 18 is obtained. At this time, the uppermost layer of the translucent electrode film is formed of the metal 19-2-3 whose ionization potential is large and which is less reactive, and the first and second layers 19-1 and 19-2-2 have small ionization potentials which are 15 nm or less in thickness.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO